

Apêndice A

Operações matemáticas

A.1 Notação exponencial

Os números usados em química são em geral extremamente grandes ou muito pequenos. Tais números são convenientemente expressos na forma:

$$N \times 10^n$$

onde N é um número entre 1 e 10 e n é o expoente. Vejamos alguns exemplos dessa *notação exponencial*, que é também chamada *notação científica*:

$$1.200.000 \text{ é } 1,2 \times 10^6 \text{ (lê-se: "um vírgula dois vezes dez elevado a seis")}$$

$$0,000604 \text{ é } 6,04 \times 10^{-4} \text{ (lê-se: "seis vírgula zero quatro vezes dez elevado a menos quatro")}$$

Um expoente positivo, como no primeiro exemplo, nos diz quantas vezes o número deve ser multiplicado por 10:

$$1,2 \times 10^6 = 1,2 \times \mathbf{10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10} \quad (\text{seis vezes}) \\ = 1.200.000$$

É também conveniente pensar no expoente positivo como o número de casas decimais que a vírgula deve ser movida para a *esquerda* para obter um número maior do que 1 e menor do que 10: (movemos a vírgula três casas decimais para a esquerda e chegamos a $3.450 = 3,45 \times 10^3$).

Da mesma maneira, um expoente negativo pode nos dizer quantas vezes devemos dividir um número por 10:

$$6,04 \times 10^{-4} = \frac{6,04}{\mathbf{10 \times 10 \times 10 \times 10}} = 0,000604 \quad (\text{quatro vezes})$$

Podemos pensar no expoente negativo como o número de casas decimais que a vírgula deve ser movida para a *direita* para obter um número maior do que 1 e menor do que 10: (movemos a vírgula três casas decimais para a direita e chegamos a $0,0048 = 4,8 \times 10^{-3}$).

No sistema de notação exponencial, a cada deslocamento da vírgula para a direita o expoente *diminui* em 1:

$$4,8 \times 10^{-3} = 48 \times 10^{-4}$$

Similarmente, a cada deslocamento da vírgula para a esquerda o expoente *aumenta* em 1:

$$4,8 \times 10^{-3} = 0,48 \times 10^{-2}$$

Muitas calculadoras científicas têm a tecla EXP ou EE, que é usada para digitar os números em notação exponencial. Por exemplo para digitar o $5,8 \times 10^3$, fazemos:

$$\boxed{5} \boxed{\cdot} \boxed{8} \boxed{\text{EXP}} \text{ (ou } \boxed{\text{EE}}) \boxed{3}$$

Em algumas calculadoras, o visor mostrará 5,8, a seguir um espaço e depois 03, que é o expoente. Em outras calculadoras, um pequeno 10 é mostrado com um expoente 3.

Para digitar um expoente negativo, use a tecla +/- . Por exemplo, para digitar o número $8,6 \times 10^{-5}$, a seqüência de teclas é:

$$\boxed{8} \boxed{\cdot} \boxed{6} \boxed{\text{EXP}} \boxed{+/-} \boxed{5}$$

Quando digitar um número em notação exponencial, não tecla no 10 se a sua calculadora tiver as teclas EXP ou EE.

Ao trabalhar com expoentes, é importante lembrar-se de que $10^0 = 1$. As seguintes regras são úteis para transportar os expoentes por meio de cálculos:

1. **Adição e Subtração** Para somar ou subtrair números expressos em notação exponencial, as potências de 10 devem ser as mesmas.

$$\begin{aligned} (5,22 \times 10^4) + (3,21 \times 10^2) &= (522 \times 10^2) + (3,21 \times 10^2) \\ &= 525 \times 10^2 \text{ (3 algarismos significativos)} \\ &= 5,25 \times 10^4 \\ (6,25 \times 10^{-2}) - (5,77 \times 10^{-3}) &= (6,25 \times 10^{-2}) - (0,577 \times 10^{-2}) \\ &= 5,67 \times 10^{-2} \text{ (3 algarismos significativos)} \end{aligned}$$

Quando você usar uma calculadora para somar ou subtrair, não precisa se preocupar se os números não têm os mesmos expoentes, a calculadora automaticamente se encarrega desse problema.

2. **Multiplicação e Divisão** Quando os números expressos em notação exponencial são multiplicados, os expoentes são adicionados; quando os números expressos em notação exponencial são divididos, o expoente do denominador é subtraído do expoente do numerador.

$$\begin{aligned} (5,4 \times 10^2)(2,1 \times 10^3) &= (5,4)(2,1) \times 10^{2+3} \\ &= 11 \times 10^5 \\ &= 1,1 \times 10^6 \\ (1,2 \times 10^5)(3,22 \times 10^{-3}) &= (1,2)(3,22) \times 10^{5-3} = 3,9 \times 10^2 \\ \frac{3,2 \times 10^5}{6,5 \times 10^2} &= \frac{3,2}{6,5} \times 10^{5-2} = 0,49 \times 10^3 = 4,9 \times 10^2 \\ \frac{5,7 \times 10^7}{8,5 \times 10^{-2}} &= \frac{5,7}{8,5} \times 10^{7-(-2)} = 0,67 \times 10^9 = 6,7 \times 10^8 \end{aligned}$$

3. **Potências e Raízes** Quando os números expressos em notação exponencial são elevados a uma potência, os expoentes são multiplicados pela potência. Quando a raiz de números expressos em notação exponencial é extraída, os expoentes são divididos pela raiz.

$$\begin{aligned} (1,2 \times 10^5)^3 &= (1,2)^3 \times 10^{5 \times 3} \\ &= 1,7 \times 10^{15} \\ \sqrt[3]{2,5 \times 10^6} &= \sqrt[3]{2,5} \times 10^{6/3} \\ &= 1,3 \times 10^2 \end{aligned}$$

As calculadoras científicas geralmente têm as teclas x^2 e \sqrt{x} para elevar um número ao quadrado e obter a raiz quadrada de um número, respectivamente. Para elevar um número a potências maiores ou para obter raízes maiores, muitas calculadoras têm as teclas y^x e $\sqrt[y]{x}$ (ou INV y^x). Por exemplo, para realizar a operação $\sqrt[3]{7,5 \times 10^{-4}}$ em uma calculadora, teclariamos $7,5 \times 10^{-4}$, apertaríamos a tecla $\sqrt[y]{x}$ (ou as teclas INV e y^x), teclariamos $\sqrt{\quad}$, 3 e =. O resultado é $9,1 \times 10^{-2}$.

EXERCÍCIO RESOLVIDO 1

Efetue com a calculadora científica, quando possível, as operações:

- (a) Escreva o número 0,0054 em notação exponencial
 (b) $(5,0 \times 10^{-2}) + (4,7 \times 10^{-3})$
 (c) $(5,98 \times 10^{12})(2,77 \times 10^{-5})$
 (d) $\sqrt[4]{1,75 \times 10^{-12}}$

Solução (a) Uma vez que andamos três casas decimais para a direita para converter 0,0054 em 5,4, o expoente é -3 :

$$5,4 \times 10^{-3}$$

As calculadoras científicas geralmente são capazes de converter números para notação exponencial usando uma ou duas teclas. Consulte o manual de instruções de sua calculadora para ver como essa operação é realizada.

(b) Para adicionar esses números à mão, devemos convertê-los em um mesmo expoente.

$$(5,0 \times 10^{-2}) + (0,47 \times 10^{-2}) = (5,0 + 0,47) \times 10^{-2} = 5,5 \times 10^{-2}$$

(observe que o resultado tem apenas dois algarismos significativos). Para realizar essa operação em uma calculadora, teclamos o primeiro número, apertamos a tecla +, em seguida teclamos o segundo número e apertamos a tecla =.

(c) Realizando essa operação à mão, temos

$$(5,98 \times 2,77) \times 10^{12-5} = 16,6 \times 10^7 = 1,66 \times 10^8$$

Em uma calculadora científica, teclamos $5,98 \times 10^{12}$, pressionamos a tecla \times , teclamos $2,77 \times 10^{-5}$ e apertamos a tecla =.

(d) Para realizar essa operação em uma calculadora, teclamos o número, apertamos a tecla $\sqrt[y]{x}$ (ou as teclas INV e y^x), teclamos 4 e apertamos a tecla =. O resultado é $1,15 \times 10^{-3}$.

PRATIQUE

Faça as seguintes operações: (a) Escreva 67.000 em notação exponencial mostrando dois algarismos significativos;

(b) $(3,378 \times 10^{-3}) - (4,97 \times 10^{-5})$; (c) $(1,84 \times 10^{15}) / (7,45 \times 10^{-2})$; (d) $(6,67 \times 10^{-8})^3$.

Respostas: (a) $6,7 \times 10^4$; (b) $3,328 \times 10^{-3}$; (c) $2,47 \times 10^{16}$; (d) $2,97 \times 10^{-22}$.

A.2 Logaritmos

Logaritmos comuns

O logaritmo comum, ou na base 10 (abreviado como log) de qualquer número, é a potência à qual o 10 deve ser elevado para igualar o número. Por exemplo, o logaritmo comum de 1.000 (escrito $\log 1.000$) é 3, porque 10 elevado à terceira potência é 1.000.

$$10^3 = 1.000, \text{ conseqüentemente, } \log 1.000 = 3$$

Vejamos estes exemplos:

$$\log 10^5 = 5$$

$$\log 1 = 0 \text{ (lembre-se de que } 10^0 = 1)$$

$$\log 10^{-2} = -2$$

Nesses exemplos, o logaritmo comum pode ser obtido por inspeção. Entretanto, não é possível obter o logaritmo de um número como 31,25 por inspeção. O logaritmo de 31,25 é o número x que satisfaz à seguinte relação:

$$10^x = 31,25$$

A maioria das calculadoras eletrônicas tem a tecla LOG, que pode ser usada para obter logaritmos. Por exemplo, podemos obter o valor de $\log 31,25$ teclando 31,25 e pressionando a tecla LOG. Teremos o seguinte resultado:

$$\log 31,25 = 1,4949$$

Observe que 31,25 é maior do que 10 (10^1) e menor do que 100 (10^2). O valor para o $\log 31,25$ está entre $\log 10$ e $\log 100$, isto é, entre 1 e 2.

Algarismos significativos e logaritmos comuns

Para o logaritmo comum de uma grandeza medida, o número de dígitos após a vírgula é igual ao número de algarismos significativos no número original. Por exemplo, se 23,5 é uma grandeza medida (três algarismos significativos), então $\log 23,5 = 1,371$ (três algarismos significativos depois da vírgula).

Antilogaritmos

O processo de determinação do número que corresponde a um logaritmo é conhecido como obtenção de um *antilogaritmo*. É o processo inverso ao de obtenção de um logaritmo. Por exemplo, vimos anteriormente que $\log 23,5 = 1,371$. Isso significa que o antilogaritmo de 1,371 é 23,5.

$$\begin{aligned}\log 23,5 &= 1,371 \\ \text{antilog } 1,371 &= 23,5\end{aligned}$$

Para obter o antilog de um número, elevamos 10 a uma potência igual àquele número:

$$\text{antilog } 1,371 = 10^{1,371} = 23,5$$

Muitas calculadoras têm a tecla 10^x , que permite obter antilogs diretamente. Em outras, é necessário pressionar a tecla INV (para *inverso*) seguida da tecla LOG.

Logaritmos naturais

Os logaritmos baseados no número e são chamados logaritmos naturais, ou na base e (abreviados como \ln). O log natural de um número é a potência à qual e (que tem o valor de 2,71828...) deve ser elevado para igualar esse número. Por exemplo, o log natural de 10 é igual a 2,303.

$$e^{2,303} = 10, \text{ conseqüentemente } \ln 10 = 2,303$$

A sua calculadora provavelmente tem a tecla LN, que permite obter os logaritmos naturais. Por exemplo, para obter o log natural de 46,8, você tecla 46,8 e pressiona a tecla LN.

$$\ln 46,8 = 3,846$$

O antilog natural de um número é e elevado a uma potência igual àquele número. Se a sua calculadora pode calcular logs naturais, ela também é capaz de calcular antilogs naturais. Em algumas calculadoras, existe a tecla e^x , que permite calcular antilogs naturais diretamente; em outras, é necessário pressionar a tecla INV seguida da tecla LN. Por exemplo, o antilog natural de 1,679 é determinado por:

$$\text{antilog natural } 1,679 = e^{1,679} = 5,36$$

Podemos representar a relação entre os logaritmos comum e natural e assim:

$$\ln a = 2,303 \log a$$

Observe que o fator que relaciona os dois — 2,303 — é o log natural de 10, que calculamos anteriormente.

Operações matemáticas usando logaritmos

Como os logaritmos são expoentes, as operações matemáticas que envolvem logaritmos seguem as regras para o uso de expoentes. Por exemplo, o produto de z^a e z^b (onde z é qualquer número) é dado por:

$$z^a \cdot z^b = z^{(a+b)}$$

De forma semelhante, o logaritmo (comum ou natural) de um produto é igual à *soma* dos logs dos números individuais:

$$\log ab = \log a + \log b \qquad \ln ab = \ln a + \ln b$$

Para o log de um quociente,

$$\log (a/b) = \log a - \log b \qquad \ln (a/b) = \ln a - \ln b$$

Aplicando as propriedades dos expoentes, podemos também derivar as regras para o logaritmo de um número elevado a certa potência:

$$\begin{aligned}\log a^n &= n \log a & \ln a^n &= n \ln a \\ \log a^{1/n} &= (1/n) \log a & \ln a^{1/n} &= (1/n) \ln a\end{aligned}$$

Problemas que envolvem pH

Um dos usos mais freqüentes de logaritmos comuns em química geral é na resolução de problemas que envolvem pH. O pH é definido como $-\log [H^+]$, onde $[H^+]$ é a concentração do íon hidrogênio de uma solução (Seção 16.4). O seguinte exercício resolvido ilustra essa aplicação.

EXERCÍCIO RESOLVIDO 2

(a) Qual é o pH de uma solução cuja concentração de íon hidrogênio é 0,015 mol/L?

(b) Se o pH de uma solução for 3,80, qual é a sua concentração de íon hidrogênio?

Solução (a) Foi dado o valor de $[H^+]$. Pressionamos a tecla LOG da calculadora para calcular o valor de $\log [H^+]$. O pH é obtido invertendo-se o sinal do valor obtido. (Tenha a certeza de trocar o sinal *depois* de calcular o logaritmo).

$$[H^+] = 0,015$$

$$\log [H^+] = -1,82 \text{ (2 algarismos significativos)}$$

$$\text{pH} = -(-1,82) = 1,82$$

(b) Para obter a concentração de íon hidrogênio quando é dado o pH, devemos calcular o antilog de $-\text{pH}$.

$$\text{pH} = -\log [H^+] = 3,80$$

$$\log [H^+] = -3,80$$

$$[H^+] = \text{antilog}(-3,80) = 10^{-3,80} = 1,6 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

PRATIQUE

Resolva as seguintes operações: (a) $\log(2,5 \times 10^{-5})$ (b) $\ln 32,7$ (c) antilog $-3,47$ (d) $e^{-1,89}$

Respostas: (a) $-4,60$ (b) $3,487$ (c) $3,4 \times 10^{-4}$ (d) $1,5 \times 10^{-1}$

A.3 Equações quadráticas

Uma equação algébrica da forma $ax^2 + bx + c = 0$ é chamada *equação do segundo grau ou quadrática*. As duas soluções de uma equação desse tipo são determinadas pela fórmula quadrática:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

EXERCÍCIO RESOLVIDO 3

Encontre os valores de x que satisfazem a equação $2x^2 + 4x = 1$.

Solução Para resolver a equação dada para x , devemos primeiro colocá-la na forma $ax^2 + bx + c = 0$:

$$2x^2 + 4x = 1 \Rightarrow 2x^2 + 4x - 1 = 0$$

Aplicando a fórmula quadrática, onde $a = 2$, $b = 4$ e $c = -1$, temos:

$$\begin{aligned} x &= \frac{-4 \pm \sqrt{(4)(4) - 4(2)(-1)}}{2(2)} \\ &= \frac{-4 \pm \sqrt{16 + 8}}{4} = \frac{-4 \pm \sqrt{24}}{4} = \frac{-4 \pm 4,899}{4} \end{aligned}$$

As duas soluções da equação são

$$x = \frac{0,899}{4} = 0,225 \quad \text{e} \quad x = \frac{-8,899}{4} = -2,225$$

Geralmente, em problemas de química, a solução negativa não tem significado físico; consideramos apenas o valor positivo.

A.4 Gráficos

Normalmente, a maneira mais clara de representar a inter-relação entre duas variáveis é colocá-las sob a forma de gráfico. Em geral, a variável que está sendo mudada experimentalmente, chamada *variável independente*, é mostrada ao longo do eixo horizontal (eixo x). A variável que responde à mudança na variável independente, chamada *variável dependente*, é, portanto, mostrada ao longo do eixo vertical (eixo y). Por exemplo, considere um experimento no qual variamos a temperatura de um gás confinado e medimos a sua pressão. A variável independente é a temperatura e a variável dependente é a pressão.

TABELA 1 Inter-relação entre pressão e temperatura

Temperatura (°C)	Pressão (atm)
20,0	0,120
30,0	0,124
40,0	0,128
50,0	0,132

Os dados mostrados na Tabela 1 podem ser obtidos por meio desse experimento. Esses dados estão mostrados graficamente na Figura 1.

A relação entre a temperatura e a pressão é linear. A equação para qualquer gráfico de linha reta tem a forma:

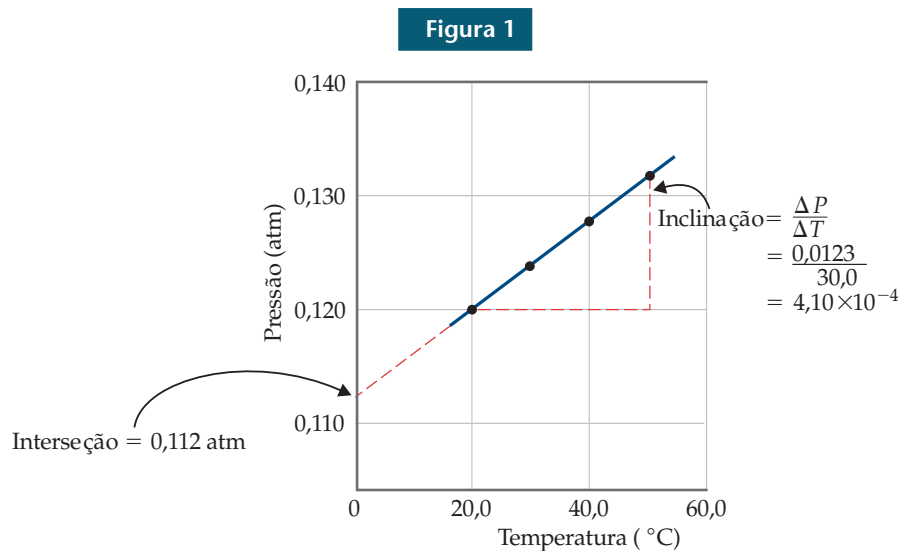
$$y = mx + b$$

onde m é a inclinação da reta e b é o ponto de interseção com o eixo y . No caso da Figura 1, podemos dizer que a relação entre a temperatura e a pressão adquire a forma:

$$P = mT + b$$

onde P é a pressão em atm e T é a temperatura em °C. A inclinação é $4,10 \times 10^{-4}$ atm/°C e a interseção — o ponto onde a reta corta o eixo y — é 0,112 atm. Conseqüentemente, a equação para a reta é:

$$P = \left(4,10 \times 10^{-4} \frac{\text{atm}}{^{\circ}\text{C}} \right) T + 0,112 \text{ atm}$$



Apêndice B

Propriedades da água

Densidade:	0,99987 g/mL a 0 °C 1,00000 g/mL a 4 °C 0,99707 g/mL a 25 °C 0,95838 g/mL a 100 °C
Calor de fusão:	6,008 kJ/mol a 0 °C
Calor de vaporização:	44,94 kJ/mol a 0 °C 44,02 kJ/mol a 25 °C 40,67 kJ/mol a 100 °C
Constante do produto iônico, K_w :	$1,14 \times 10^{-15}$ a 0 °C $1,01 \times 10^{-14}$ a 25 °C $5,47 \times 10^{-14}$ a 50 °C
Calor específico:	Gelo (-3 °C) : $2,092 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Água a 14,5 °C : $4,184 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$ Vapor (100 °C) : $1,841 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$

Pressão de vapor (torr)

$T(^{\circ}\text{C})$	P	$T(^{\circ}\text{C})$	P	$T(^{\circ}\text{C})$	P	$T(^{\circ}\text{C})$	P
0	4,58	21	18,65	35	42,2	92	567,0
5	6,54	22	19,83	40	55,3	94	610,9
10	9,21	23	21,07	45	71,9	96	657,6
12	10,52	24	22,38	50	92,5	98	707,3
14	11,99	25	23,76	55	118,0	100	760,0
16	13,63	26	25,21	60	149,4	102	815,9
17	14,53	27	26,74	65	187,5	104	875,1
18	15,48	28	28,35	70	233,7	106	937,9
19	16,48	29	30,04	80	355,1	108	1.004,4
20	17,54	30	31,82	90	525,8	110	1.074,6

Apêndice C

Grandezas termodinâmicas para substâncias selecionadas a 298,15 K (25 °C)

Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)	Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)
Alumínio				C(s, diamante)	1,88	2,84	2,43
Al(s)	0	0	28,32	C(s, grafite)	0	0	5,69
AlCl ₃ (s)	-705,6	-630,0	109,3	CCl ₄ (g)	-106,7	-64,0	309,4
Al ₂ O ₃ (s)	-1.669,8	-1.576,5	51,0	CCl ₄ (l)	-139,3	-68,6	214,4
Bário				CF ₄ (g)	-679,9	-635,1	262,3
Ba(s)	0	0	63,2	CH ₄ (g)	-74,8	-50,8	186,3
BaCO ₃ (s)	-1.216,3	-1.137,6	112,1	C ₂ H ₂ (g)	226,7	209,2	200,8
BaO(s)	-553,5	-525,1	70,42	C ₂ H ₄ (g)	52,3	68,11	219,4
Berílio				C ₂ H ₆ (g)	-84,68	-32,89	229,5
Be(s)	0	0	9,44	C ₃ H ₈ (g)	-103,85	-23,47	269,9
BeO(s)	-608,4	-579,1	13,77	C ₄ H ₁₀ (g)	-124,73	-15,71	310,0
Be(OH) ₂ (s)	-905,8	-817,9	50,21	C ₄ H ₁₀ (l)	-147,6	-15,0	231,0
Bromo				C ₆ H ₆ (g)	82,9	129,7	269,2
Br(g)	111,8	82,38	174,9	C ₆ H ₆ (l)	49,0	124,5	172,8
Br ⁻ (aq)	-120,9	-102,8	80,71	CH ₃ OH(g)	-201,2	-161,9	237,6
Br ₂ (g)	30,71	3,14	245,3	CH ₃ OH(l)	-238,6	-166,23	126,8
Br ₂ (l)	0	0	152,3	C ₂ H ₅ OH(g)	-235,1	-168,5	282,7
HBr(g)	-36,23	-53,22	198,49	C ₂ H ₅ OH(l)	-277,7	-174,76	160,7
Cálcio				C ₆ H ₁₂ O ₆ (s)	-1.273,02	-910,4	212,1
Ca(g)	179,3	145,5	154,8	CO(g)	-110,5	-137,2	197,9
Ca(s)	0	0	41,4	CO ₂ (g)	-393,5	-394,4	213,6
CaCO ₃ (s, calcita)	-1.207,1	-1.128,76	92,88	HC ₂ H ₃ O ₂ (l)	-487,0	-392,4	159,8
CaCl ₂ (s)	-795,8	-748,1	104,6	Césio			
CaF ₂ (s)	-1.219,6	-1.167,3	68,87	Cs(g)	76,50	49,53	175,6
CaO(s)	-635,5	-604,17	39,75	Cs(l)	2,09	0,03	92,07
Ca(OH) ₂ (s)	-986,2	-898,5	83,4	Cs(s)	0	0	85,15
CaSO ₄ (s)	-1.434,0	-1.321,8	106,7	CsCl(s)	-442,8	-414,4	101,2
Carbono				Chumbo			
C(g)	718,4	672,9	158,0	Pb(s)	0	0	68,85
				PbBr ₂ (s)	-277,4	-260,7	161,0
				PbCO ₃ (s)	-699,1	-625,5	131,0
				Pb(NO ₃) ₂ (aq)	-421,3	-246,9	303,3

Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)	Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)
Pb(NO ₃) ₂ (s)	-451,9	—	—	Flúor			
PbO(s)	-217,3	-187,9	68,70	F(g)	80,0	61,90	158,7
Cloro				F ⁻ (aq)	-332,6	-278,8	-13,8
Cl(g)	121,7	105,7	165,2	F ₂ (g)	0	0	202,7
Cl ⁻ (aq)	-167,2	-131,2	56,5	HF(g)	-268,61	-270,7	173,51
Cl ₂ (g)	0	0	222,96	Fósforo			
HCl(aq)	-167,2	-131,2	56,5	P(g)	316,4	280,0	163,2
HCl(g)	-92,3	-95,27	186,69	P ₂ (g)	144,3	103,7	218,1
Cobalto				P ₄ (g)	58,9	24,4	280
Co(g)	439	393	179	P ₄ (s, vermelho)	-17,46	-12,03	22,85
Co(s)	0	0	28,4	P ₄ (s, branco)	0	0	41,08
Cobre				PCl ₃ (g)	-288,07	-269,6	311,7
Cu(g)	338,4	298,6	166,3	PCl ₃ (l)	-319,6	-272,4	217
Cu(s)	0	0	33,3	PF ₅ (g)	-1.594,4	-1.520,7	300,8
CuCl ₂ (s)	-205,9	-161,7	108,1	PH ₃ (g)	5,4	13,4	210,2
CuO(s)	-156,1	-128,3	42,59	P ₄ O ₆ (s)	-1.640,1	—	—
Cu ₂ O(s)	-170,7	-147,9	92,36	P ₄ O ₁₀ (s)	-2.940,1	-2.675,2	228,9
Cromo				POCl ₃ (g)	-542,2	-502,5	325
Cr(g)	397,5	352,6	174,2	POCl ₃ (l)	-597,0	-520,9	222
Cr(s)	0	0	23,6	H ₃ PO ₄ (aq)	-1.288,3	-1.142,6	158,2
Cr ₂ O ₃ (s)	-1.139,7	-1.058,1	81,2	Hidrogênio			
Enxofre				H(g)	217,94	203,26	114,6
S(s, rômboico)	0	0	31,88	H ⁺ (aq)	0	0	0
S ₈ (g)	102,3	49,7	430,9	H ⁺ (g)	1.536,2	1.517,0	108,9
SO ₂ (g)	-296,9	-300,4	248,5	H ₂ (g)	0	0	130,58
SO ₃ (g)	-395,2	-370,4	256,2	Iodo			
SO ₄ ²⁻ (aq)	-909,3	-744,5	20,1	I(g)	106,60	70,16	180,66
SOCl ₂ (l)	-245,6	—	—	I ⁻ (aq)	-55,19	-51,57	111,3
H ₂ S(g)	-20,17	-33,01	205,6	I ₂ (g)	62,25	19,37	260,57
H ₂ SO ₄ (aq)	-909,3	-744,5	20,1	I ₂ (s)	0	0	116,73
H ₂ SO ₄ (l)	-814,0	-689,9	156,1	HI(g)	25,94	1,3	206,3
Escândio				Lítio			
Sc(g)	377,8	336,1	174,7	Li(g)	159,3	126,6	138,8
Sc(s)	0	0	34,6	Li(s)	0	0	29,09
Estrôncio				Li ⁺ (aq)	-278,5	-273,4	12,2
SrO(s)	-592,0	-561,9	54,9	Li ⁺ (g)	685,7	648,5	133,0
Sr(g)	164,4	110,0	164,6	LiCl(s)	-408,3	-384,0	59,3
Ferro				Magnésio			
Fe(g)	415,5	369,8	180,5	Mg(g)	147,1	112,5	148,6
Fe(s)	0	0	27,15	Mg(s)	0	0	32,51
Fe ²⁺ (aq)	-87,86	-84,93	113,4	MgCl ₂ (s)	-641,6	-592,1	89,6
Fe ³⁺ (aq)	-47,69	-10,54	293,3	MgO(s)	-601,8	-569,6	26,8
FeCl ₂ (s)	-341,8	-302,3	117,9	Mg(OH) ₂ (s)	-924,7	-833,7	63,24
FeCl ₃ (s)	-400	-334	142,3	Manganês			
FeO(s)	-271,9	-255,2	60,75	Mn(g)	280,7	238,5	173,6
Fe ₂ O ₃ (s)	-822,16	-740,98	89,96	Mn(s)	0	0	32,0
Fe ₃ O ₄ (s)	-1.117,1	-1.014,2	146,4	MnO(s)	-385,2	-362,9	59,7
FeS ₂ (s)	-171,5	-160,1	52,92	MnO ₂ (s)	-519,6	-464,8	53,14
				MnO ₄ ⁻ (aq)	-541,4	-447,2	191,2

Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)	Substância	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)	S° (J/mol K)
Mercúrio				Prata			
Hg(g)	60,83	31,76	174,89	Ag(s)	0	0	42,55
Hg(l)	0	0	77,40	Ag ⁺ (aq)	105,90	77,11	73,93
HgCl ₂ (s)	-230,1	-184,0	144,5	AgCl(s)	-127,0	-109,7	96,11
Hg ₂ Cl ₂ (s)	-264,9	-210,5	192,5	Ag ₂ O(s)	-31,05	-11,2	121,3
Níquel				Rubídio			
Ni(g)	429,7	384,5	182,1	Rb(g)	85,8	55,8	170,0
Ni(s)	0	0	29,9	Rb(s)	0	0	76,78
NiCl ₂ (s)	-305,3	-259,0	97,65	RbCl(s)	-430,5	-412,0	92
NiO(s)	-239,7	-211,7	37,99	RbClO ₃ (s)	-392,4	-292,0	152
Nitrogênio				Selênio			
N(g)	472,7	455,5	153,3	H ₂ Se(g)	29,7	15,9	219,0
N ₂ (g)	0	0	191,5	Silício			
NH ₃ (aq)	-80,29	-26,50	111,3	Si(g)	368,2	323,9	167,8
NH ₃ (g)	-46,19	-16,66	192,5	Si(s)	0	0	18,7
NH ₄ ⁺ (aq)	-132,5	-79,31	113,4	SiC(s)	-73,22	-70,85	16,61
N ₂ H ₄ (g)	95,40	159,4	238,5	SiCl ₄ (l)	-640,1	-572,8	239,3
NH ₄ CN(s)	0	—	—	SiO ₂ (s, quartzo)	-910,9	-856,5	41,84
NH ₄ Cl(s)	-314,4	-203,0	94,6	Sódio			
NH ₄ NO ₃ (s)	-365,6	-184,0	151	Na(g)	107,7	77,3	153,7
NO(g)	90,37	86,71	210,62	Na(s)	0	0	51,45
NO ₂ (g)	33,84	51,84	240,45	Na ⁺ (aq)	-240,1	-261,9	59,0
N ₂ O(g)	81,6	103,59	220,0	Na ⁺ (g)	609,3	574,3	148,0
N ₂ O ₄ (g)	9,66	98,28	304,3	NaBr(aq)	-360,6	-364,7	141,0
NOCl(g)	52,6	66,3	264	NaBr(s)	-361,4	-349,3	86,82
HNO ₃ (aq)	-206,6	-110,5	146	Na ₂ CO ₃ (s)	-1.130,9	-1.047,7	136,0
HNO ₃ (g)	-134,3	-73,94	266,4	NaCl(aq)	-407,1	-393,0	115,5
Oxigênio				Sódio			
O(g)	247,5	230,1	161,0	NaCl(g)	-181,4	-201,3	229,8
O ₂ (g)	0	0	205,0	NaCl(s)	-410,9	-384,0	72,33
O ₃ (g)	142,30	163,4	237,6	NaHCO ₃ (s)	-947,7	-851,8	102,1
OH ⁻ (aq)	-230,0	-157,3	-10,7	NaNO ₃ (aq)	-446,2	-372,4	207
H ₂ O(g)	-241,82	-228,57	188,83	NaNO ₃ (s)	-467,9	-367,0	116,5
H ₂ O(l)	-285,83	-237,13	69,91	NaOH(aq)	-469,6	-419,2	49,8
H ₂ O ₂ (g)	-136,10	-105,48	232,9	NaOH(s)	-425,6	-379,5	64,46
H ₂ O ₂ (l)	-187,8	-120,4	109,6	Titânio			
Potássio				Titânio			
K(g)	89,99	61,17	160,2	Ti(g)	468	422	180,3
K(s)	0	0	64,67	Ti(s)	0	0	30,76
KCl(s)	-435,9	-408,3	82,7	TiCl ₄ (g)	-763,2	-726,8	354,9
KClO ₃ (s)	-391,2	-289,9	143,0	TiCl ₄ (l)	-804,2	-728,1	221,9
KClO ₃ (aq)	-349,5	-284,9	265,7	TiO ₂ (s)	-944,7	-889,4	50,29
K ₂ CO ₃ (s)	-1.150,18	-1.064,58	155,44	Vanádio			
KNO ₃ (s)	-492,70	-393,13	288,1	V(g)	514,2	453,1	182,2
K ₂ O(s)	-363,2	-322,1	94,14	V(s)	0	0	28,9
KO ₂ (s)	-284,5	-240,6	122,5	Zinco			
K ₂ O ₂ (s)	-495,8	-429,8	113,0	Zn(g)	130,7	95,2	160,9
KOH(s)	-424,7	-378,9	78,91	Zn(s)	0	0	41,63
KOH(aq)	-482,4	-440,5	91,6	ZnCl ₂ (s)	-415,1	-369,4	111,5
				ZnO(s)	-348,0	-318,2	43,9

Apêndice D

Constantes de equilíbrio aquosas

TABELA 1 Constantes de dissociação para ácidos a 25 °C

Nome	Fórmula	K_{a1}	K_{a2}	K_{a3}
Acético	$\text{HC}_2\text{H}_3\text{O}_2$	$1,8 \times 10^{-5}$		
Ácido sulfídrico	H_2S	$9,5 \times 10^{-8}$	1×10^{-19}	
Arsênico	H_3AsO_4	$5,6 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-12}$
Arsenoso	H_3AsO_3	$5,1 \times 10^{-10}$		
Ascórbico	$\text{HC}_6\text{H}_7\text{O}_6$	$8,0 \times 10^{-5}$	$1,6 \times 10^{-12}$	
Benzóico	$\text{HC}_7\text{H}_5\text{O}_2$	$6,3 \times 10^{-5}$		
Bórico	H_3BO_3	$5,8 \times 10^{-10}$		
Butanóico	$\text{HC}_4\text{H}_7\text{O}_2$	$1,5 \times 10^{-5}$		
Carbônico	H_2CO_3	$4,3 \times 10^{-7}$	$5,6 \times 10^{-11}$	
Ciânico	HCNO	$3,5 \times 10^{-4}$		
Cianídrico	HCN	$4,9 \times 10^{-10}$		
Cítrico	$\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	$7,4 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$4,0 \times 10^{-7}$
Cloroacético	$\text{HC}_2\text{H}_2\text{O}_2\text{Cl}$	$1,4 \times 10^{-3}$		
Cloroso	HClO_2	$1,1 \times 10^{-2}$		
Fenol	$\text{HC}_6\text{H}_5\text{O}$	$1,3 \times 10^{-10}$		
Fluorídrico	HF	$6,8 \times 10^{-4}$		
Fórmico	HCHO_2	$1,8 \times 10^{-4}$		
Fosfórico	H_3PO_4	$7,5 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-8}$	$4,2 \times 10^{-13}$
Hidroazóico	HN_3	$1,9 \times 10^{-5}$		
Hipobromoso	HBrO	$2,5 \times 10^{-9}$		
Hipocloroso	HClO	$3,0 \times 10^{-8}$		
Hipoiodoso	HIO	$2,3 \times 10^{-11}$		
Iódico	HIO_3	$1,7 \times 10^{-1}$		
Íon hidrogeno cromato	HCrO_4^-	$3,0 \times 10^{-7}$		
Íon hidrogeno selenato	HSeO_4	$2,2 \times 10^{-2}$		
Lático	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_3$	$1,4 \times 10^{-4}$		
Malônico	$\text{H}_2\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_4$	$1,5 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-6}$	
Nitroso	HNO_2	$4,5 \times 10^{-4}$		
Oxálico	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	$5,9 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-5}$	
Paraperiódico	H_5IO_6	$2,8 \times 10^{-2}$	$5,3 \times 10^{-9}$	
Peróxido de hidrogênio	H_2O_2	$2,4 \times 10^{-12}$		
Pirofosfórico	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$	$3,0 \times 10^{-2}$	$4,4 \times 10^{-3}$	
Propiônico	$\text{HC}_3\text{H}_5\text{O}_2$	$1,3 \times 10^{-5}$		
Selenoso	H_2SeO_3	$2,3 \times 10^{-3}$	$5,3 \times 10^{-9}$	
Sulfúrico	H_2SO_4	Ácido forte	$1,2 \times 10^{-2}$	
Sulfuroso	H_2SO_3	$1,7 \times 10^{-2}$	$6,4 \times 10^{-8}$	
Tartárico	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	$1,0 \times 10^{-3}$	$4,6 \times 10^{-5}$	

TABELA 2 Constantes de dissociação para bases a 25 °C

Nome	Fórmula	K_b
Amônia	NH_3	$1,8 \times 10^{-5}$
Anilina	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$	$4,3 \times 10^{-10}$
Dimetilamina	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}$	$5,4 \times 10^{-4}$
Etilamina	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$	$6,4 \times 10^{-4}$
Hidrazina	H_2NNH_2	$1,3 \times 10^{-6}$
Hidroxiamina	HONH_2	$1,1 \times 10^{-8}$
Metilamina	CH_3NH_2	$4,4 \times 10^{-4}$
Piridina	$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	$1,7 \times 10^{-9}$
Trimetilamina	$(\text{CH}_3)_3\text{N}$	$6,4 \times 10^{-5}$

TABELA 3 Constantes de produto de solubilidade para compostos a 25 °C

Nome	Fórmula	K_{sp}	Nome	Fórmula	K_{sp}
Bromato de prata	AgBrO_3	$5,5 \times 10^{-5}$	Hidróxido de cálcio	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	$6,5 \times 10^{-6}$
Brometo de cobre(I)	CuBr	$5,3 \times 10^{-9}$	Hidróxido de cobalto(II)	$\text{Co}(\text{OH})_2$	$1,3 \times 10^{-15}$
Brometo de prata	AgBr	$5,0 \times 10^{-13}$	Hidróxido de cobre(II)	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	$4,8 \times 10^{-20}$
Carbonato de bário	BaSO_4	$5,0 \times 10^{-9}$	Hidróxido de cromo(III)	$\text{Cr}(\text{OH})_3$	$1,6 \times 10^{-30}$
Carbonato de cádmio	CdCO_3	$1,8 \times 10^{-14}$	Hidróxido de ferro(II)	$\text{Fe}(\text{OH})_2$	$7,9 \times 10^{-16}$
Carbonato de cálcio (calcita)	CaCO_3	$4,5 \times 10^{-9}$	Hidróxido de magnésio	$\text{Mg}(\text{OH})_2$	$1,6 \times 10^{-12}$
Carbonato de chumbo(II)	PbCO_3	$7,4 \times 10^{-14}$	Hidróxido de manganês(II)	$\text{Mn}(\text{OH})_2$	$1,6 \times 10^{-13}$
Carbonato de cobalto(II)	CoCO_3	$1,0 \times 10^{-10}$	Hidróxido de níquel(II)	$\text{Ni}(\text{OH})_2$	$6,0 \times 10^{-16}$
Carbonato de cobre(II)	CuCO_3	$2,3 \times 10^{-10}$	Hidróxido de zinco	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$3,0 \times 10^{-16}$
Carbonato de estrôncio	SrCO_3	$9,3 \times 10^{-10}$	Iodato de lantânio	$\text{La}(\text{IO}_3)_3$	$6,1 \times 10^{-12}$
Carbonato de ferro(II)	FeCO_3	$2,1 \times 10^{-11}$	Iodeto de mercúrio(I)	Hg_2I_2	$1,1 \times 10^{-28}$
Carbonato de magnésio	MgCO_3	$3,5 \times 10^{-8}$	Iodeto de prata	AgI	$8,3 \times 10^{-17}$
Carbonato de manganês(II)	MnCO_3	$5,0 \times 10^{-10}$	Oxalato de bário	BaC_2O_4	$1,6 \times 10^{-6}$
Carbonato de prata	Ag_2CO_3	$8,1 \times 10^{-12}$	Oxalato de magnésio	MgC_2O_4	$8,6 \times 10^{-5}$
Carbonato de zinco	ZnCO_3	$1,0 \times 10^{-10}$	Oxalato de zinco	ZnC_2O_4	$2,7 \times 10^{-8}$
Carbonato de níquel(II)	NiCO_3	$1,3 \times 10^{-7}$	Sulfato de bário	BaSO_4	$1,1 \times 10^{-10}$
Cloreto de chumbo(II)	PbCl_2	$1,7 \times 10^{-5}$	Sulfato de cálcio	CaSO_4	$2,4 \times 10^{-5}$
Cloreto de mercúrio(I)	Hg_2Cl_2	$1,2 \times 10^{-18}$	Sulfato de chumbo(II)	PbSO_4	$6,3 \times 10^{-7}$
Cloreto de prata	AgCl	$1,8 \times 10^{-10}$	Sulfato de prata	Ag_2SO_4	$1,5 \times 10^{-5}$
Cromato de bário	BaCrO_4	$2,1 \times 10^{-10}$	Sulfeto de cádmio*	CdS	8×10^{-28}
Cromato de cálcio	CaCrO_4	$7,1 \times 10^{-4}$	Sulfeto de chumbo(II)*	PbS	3×10^{-28}
Cromato de chumbo(II)	PbCrO_4	$2,8 \times 10^{-13}$	Sulfeto de cobalto(II)*	CoS	5×10^{-22}
Cromato de prata	Ag_2CrO_4	$1,2 \times 10^{-12}$	Sulfeto de cobre(II)*	CuS	6×10^{-37}
Fluoreto de bário	BaF_2	$1,7 \times 10^{-6}$	Sulfeto de estanho(II)*	SnS	1×10^{-26}
Fluoreto de cálcio	CaF_2	$3,9 \times 10^{-11}$	Sulfeto de manganês(II)*	MnS	2×10^{-53}
Fluoreto de chumbo(II)	PbF_2	$3,6 \times 10^{-8}$	Sulfeto de mercúrio(II)*	HgS	2×10^{-53}
Fluoreto de lantânio	LaF_3	2×10^{-19}	Sulfeto de prata*	Ag_2S	6×10^{-51}
Fosfato de cálcio	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	$2,0 \times 10^{-29}$	Sulfeto de zinco*	ZnS	2×10^{-25}
Hidróxido de cádmio	$\text{Cd}(\text{OH})_2$	$2,5 \times 10^{-14}$	Sulfeto de níquel(II)*	NiS	3×10^{-20}

* Para o equilíbrio de solubilidade do tipo $\text{MS}(s) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{M}^{2+}(aq) + \text{HS}^-(aq) + \text{OH}^-(aq)$.

Apêndice E

Potenciais padrão de redução a 25 °C

Semi-reação	E° (V)	Semi-reação	E° (V)
$\text{Ag}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s)$	+0,799	$\text{HO}_2^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow 3\text{OH}^-(aq)$	+0,88
$\text{AgBr}(s) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) + \text{Br}^-(aq)$	+0,095	$\text{H}_2\text{O}_2(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,776
$\text{AgCl}(s) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) + \text{Cl}^-(aq)$	+0,222	$\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Hg}(l)$	+0,789
$\text{Ag}(\text{CN})_2^-(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) + 2\text{CN}^-(aq)$	-0,31	$2\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Hg}_2^{2+}(aq)$	+0,920
$\text{Ag}_2\text{CrO}_4(s) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Ag}(s) + \text{CrO}_4^{2-}(aq)$	+0,446	$\text{Hg}_2^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Hg}(l)$	+0,854
$\text{AgI}(s) + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) + \text{I}^-(aq)$	-0,151	$\text{I}_2(s) + 2e^- \longrightarrow 2\text{I}^-(aq)$	+0,536
$\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_3^{3-} + e^- \longrightarrow \text{Ag}(s) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(aq)$	+0,01	$\text{IO}_3^-(aq) + 6\text{H}^+(aq) + 5e^- \longrightarrow \text{I}_2(s) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,195
$\text{Al}^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow \text{Al}(s)$	-1,66	$\text{K}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{K}(s)$	-2,925
$\text{H}_3\text{AsO}_4(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow$ $\text{H}_3\text{AsO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+0,559	$\text{Li}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Li}(s)$	-3,05
$\text{Ba}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ba}(s)$	-2,90	$\text{Mg}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Mg}(s)$	-2,37
$\text{BiO}^+(aq) + 2\text{H}^+(aq) + 3e^- \longrightarrow \text{Bi}(s) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+0,32	$\text{Mn}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Mn}(s)$	-1,18
$\text{Br}_2(l) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Br}^-(aq)$	+1,065	$\text{MnO}_2(s) + 4\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow$ $\text{Mn}^{2+}(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,23
$\text{BrO}_3^-(aq) + 6\text{H}^+(aq) + 5e^- \longrightarrow$ $\text{Br}_2(l) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,52	$\text{MnO}_4^-(aq) + 8\text{H}^+(aq) + 5e^- \longrightarrow$ $\text{Mn}^{2+}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,51
$2\text{CO}_2(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4(aq)$	-0,49	$\text{MnO}_4^-(aq) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 3e^- \longrightarrow$ $\text{MnO}_2(s) + 4\text{OH}^-(aq)$	+0,59
$\text{Ca}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ca}(s)$	-2,87	$\text{HNO}_2(aq) + \text{H}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{NO}(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+1,00
$\text{Cd}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cd}(s)$	-0,403	$\text{N}_2(g) + 4\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow$ $4\text{OH}^-(aq) + \text{N}_2\text{H}_4(aq)$	-1,16
$\text{Ce}^{4+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Ce}^{3+}(aq)$	+1,61	$\text{N}_2(g) + 5\text{H}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow \text{N}_2\text{H}_5^+(aq)$	-0,23
$\text{Cl}_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-(aq)$	+1,359	$\text{NO}_3^-(aq) + 4\text{H}^+(aq) + 3e^- \longrightarrow$ $\text{NO}(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+0,96
$\text{HClO}(aq) + \text{H}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Cl}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+1,63	$\text{Na}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Na}(s)$	-2,71
$\text{ClO}^-(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow$ $\text{Cl}^-(aq) + 2\text{OH}^-(aq)$	+0,89	$\text{Ni}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Ni}(s)$	-0,28
$\text{ClO}_3^-(aq) + 6\text{H}^+(aq) + 5e^- \longrightarrow$ $\text{Cl}_2(g) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,47	$\text{O}_2(g) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,23
$\text{Co}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Co}(s)$	-0,277	$\text{O}_2(g) + 2\text{H}_2\text{O}(l) + 4e^- \longrightarrow 4\text{OH}^-(aq)$	+0,40
$\text{Co}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Co}^{2+}(aq)$	+1,842	$\text{O}_2(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2\text{O}_2(aq)$	+0,68
$\text{Cr}^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow \text{Cr}(s)$	-0,74	$\text{O}_3(g) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{O}_2(g) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+2,07
$\text{Cr}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Cr}^{2+}(aq)$	-0,41	$\text{Pb}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s)$	-0,126
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(aq) + 14\text{H}^+(aq) + 6e^- \longrightarrow$ $2\text{Cr}^{3+}(aq) + 7\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,33	$\text{PbO}_2(s) + \text{HSO}_4^-(aq) + 3\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow$ $\text{PbSO}_4(s) + 2\text{H}_2\text{O}(l)$	+1,685
$\text{CrO}_4^{2-}(aq) + 4\text{H}_2\text{O}(l) + 3e^- \longrightarrow$ $\text{Cr}(\text{OH})_3(s) + 5\text{OH}^-(aq)$	-0,13	$\text{PbSO}_4(s) + \text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pb}(s) + \text{HSO}_4^-(aq)$	-0,356
$\text{Cu}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$	+0,337	$\text{PtCl}_4^{2-}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Pt}(s) + 4\text{Cl}^-(aq)$	+0,73
$\text{Cu}^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Cu}^+(aq)$	+0,153	$\text{S}(s) + 2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2\text{S}(g)$	+0,141
$\text{Cu}^+(aq) + e^- \longrightarrow \text{Cu}(s)$	+0,521	$\text{H}_2\text{SO}_3(aq) + 4\text{H}^+(aq) + 4e^- \longrightarrow \text{S}(s) + 3\text{H}_2\text{O}(l)$	+0,45
$\text{CuI}(s) + e^- \longrightarrow \text{Cu}(s) + \text{I}^-(aq)$	-0,185	$\text{HSO}_4^-(aq) + 3\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow$ $\text{H}_2\text{SO}_3(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+0,17
$\text{F}_2(g) + 2e^- \longrightarrow 2\text{F}^-(aq)$	+2,87	$\text{Sn}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}(s)$	-0,136
$\text{Fe}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Fe}(s)$	-0,440	$\text{Sn}^{4+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Sn}^{2+}(aq)$	+0,154
$\text{Fe}^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}^{2+}(aq)$	+0,771	$\text{VO}_2^+(aq) + 2\text{H}^+(aq) + e^- \longrightarrow$ $\text{VO}^{2+}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l)$	+1,00
$\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}(aq) + e^- \longrightarrow \text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}(aq)$	+0,36	$\text{Zn}^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{Zn}(s)$	-0,763
$2\text{H}^+(aq) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g)$	0,000		
$2\text{H}_2\text{O}(l) + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2(g) + 2\text{OH}^-(aq)$	-0,83		